



PRARANCANGAN KINCIR ANGIN AXIS VERTIKAL TYPE BARU UNTUK GENERATOR LISTRIK TENAGA ANGIN (A NOVEL DESIGN OF VERTICAL AXIS WIND TURBINE FOR POWER GENERATION)

Tjukup Marnoto
Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"Jogjakarta
Jln. SWK 104 lingk ar urata, condongcatur, Jogjakarta 55283.
tjukup@gmail.com

Abstract

Wind is an alternative source of energy which is environmental friendly. Wind energy conversion into electricity involves two stages. First, wind turbine converts wind energy into kinetic energy in form of rotational energy. Rotational movement of the turbine is then utilized to spin a power generator which converts kinetic energy into electrical energy. There are two categories of wind turbine which are horizontal axis wind turbine (HAWT) and vertical axis wind turbine (VAWT). VAWT has several advantages compared to HAWT besides its main drawback of low efficiency. This novel design of vertical axis wind turbine is focused on the efficiency improvement by lowering the ratio of the resisting to the thrusting wind collector area and decreasing the minimum wind speed required to rotate the turbine. The novel turbine consists of three finned blades that in upwind position the fins will open thus decreasing the drag and in downwind position it will close and exposing largest area to capture wind energy. Equations for rotor speed and rotor spinning energy were obtained with mathematical modeling by using undimensioned array method. Variables in the equations can be obtained by comparing calculated to experimental data. This novel design improves efficiency and decreases wind start-up speed, therefore it is suitable to be implemented at various locations with fluctuating wind speed and direction.

Abstrak

Angin adalah merupakan sumber energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan. Konversi energi angin kepdada energi listrik melalui dua tahapan yaitu kincir angin untuk mengkonversi energi angin menjadi energi kinetik (rotasi), rotasi yang dihasilkan dipakai untuk memutar generator listrik untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik. Kincir angin dikenal ada dua kategori yaitu turbin angin aksis horisontal (HAWT) dan turbin angin aksis vertikal (VAWT). Banyak kelebihan-kelebihan VAWT dibanding HAWT namun ada juga kekurangan atau kendala yaitu efisiensi lebih rendah. Prarancangan Turbin Angin Aksis Vertikal Model Baru ini difokuskan pada peningkatan efisiensi, dengan model yang dapat menurunkan energi darg penghambat dan memperluas kolektor energi drag (pendorong) sehingga akan meningkatkan efisiensi dan menurunkan kecepatan angin minimum yang dapat memutar turbin. Turbin angin yang dirancang ini memiliki 3 buah sudu bersirip, sudu ini bila berlawanan dengan arah angin dan putaran rotor maka sirip-sirip akan terbuka sehingga akan menurunkan energi drag (penghambat) sebaliknya bila posisi searah dengan arah angin dan putaran rotor sirip-sirip akan menutup karena dorongan angin itu sendiri sehingga meningkatkan daya dorong. Model matematik dengan metoda kelompok bilangan tak berdimensi didapat persamaan kecepatan rotor, dan energi putaran rotor. Konstanta pada persamaan tersebut akan diperoleh dengan perbandingan data hitungan dan data eksperimen. Dengan rancangan baru ini dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dan menurunkan kecepatan angin minimum untuk memutar turbin, sehingga turbin ini adapat diterapkan di semua lokasi yang memiliki kecepatan dan arah angin yang ubah-ubah.

Keywords: *VAWT, kincir angin, renewable energy, wind turbine.*

I. Pendahuluan

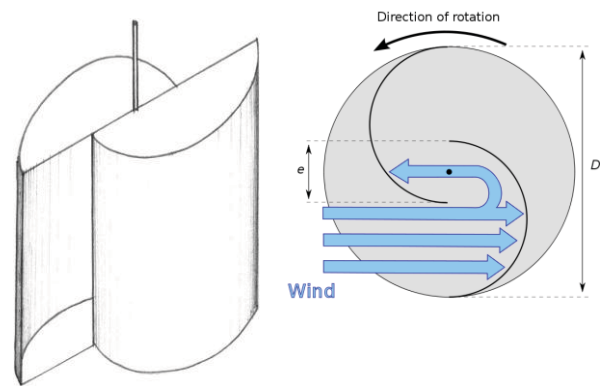
Pengembangan energi alternatif baru dan terbarukan sedang digalakkan melalui kebijakan-kebijakan pemerintah untuk mendorong dan memfasilitasi pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan (hydro, matahari, panas bumi, biomassa dan juga angin). Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Lain halnya energi air, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut. Pemanfaatan sumber energi angin di Indonesia masih langka, hal tersebut dimungkinkan teknologi atau pengetahuan yang belum populer, arah angin di daerah Indonesia mudah berubah-ubah dan kecepatannya berfluktuasi, kurang ekonomis, bahkan menurut Daryanto (2007) selama ini angin dipandang sebagai proses alami yang kurang memiliki nilai ekonomis bagi kegiatan produktif masyarakat. Namun daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin yang tinggi perlu diidentifikasi agar pemanfaatan energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya.

1.1 Kategori dan type kincir angin

Kincir angin dikenal ada dua kategori yaitu turbin angin dengan aksis horisontal (HAWT) dan turbin angin aksis vertikal (VAWT). Kendala penggunaan turbin angin adalah kondisi geografis pada suatu wilayah dimana kecepatan angin dan arah angin yang berubah-ubah sepanjang waktu. Oleh karena itu, turbin angin yang sesuai adalah turbin yang dapat menerima angin dari segala arah selain itu juga mampu mengimbangi angin dalam kecepatan yang rendah yaitu turbin angin aksis vertikal (VAWT). Turbin ini memiliki efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan turbin angin sumbu horizontal. Tetapi ada beberapa kelebihan yang dimiliki oleh turbin sumbu vertikal, antara lain : aman, mudah membangunnya, bisa dipasang tidak jauh dari tanah, dan lebih baik dalam menangani turbulensi angin, sehingga generator dan gearbox bisa ditempatkan tidak jauh dari permukaan tanah, dan juga akan meringankan beban tower dan memudahkan dalam perawatan. Disamping itu keuntungan utama dari jenis kincir ini adalah satu bagian rotor bergerak dimana tidak ada mekanisme yaw yang diperlukan, yaitu sistem yang mengatur posisi baling-baling agar tetap menghadap angin secara frontal sehingga kincir dapat menangkap energi angin dari berbagai arah dengan demikian dalam pembuatannya akan lebih sederhana.

Ada berbagai type VAWT yang sering digunakan diantaranya adalah 1). Tipe Savonius 2). Tipe Darrieus 3). Tipe H-Rotor.

- a. Tipe Savonius VAWT seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2, diciptakan oleh seorang insinyur Finlandia SJ Savonius pada tahun 1929. Kincir VAWT ini merupakan jenis yang paling sederhana dan menjadi versi besar dari anemometer. Kincir Savonius dapat berputar karena adanya gaya dorong dari angin, sehingga putaran rotor pun tidak akan melebihi kecepatan angin. Meskipun daya koefisien untuk jenis turbin angin bervariasi antara 30% sampai 45%, menurut banyak peneliti untuk jenis Savonius biasanya tidak lebih dari 25%. Jenis turbin ini cocok untuk aplikasi daya yang rendah dan biasanya digunakan pada kecepatan angin yang berbeda. (Savonius SJ. The S-Rotor and its applications : 1931



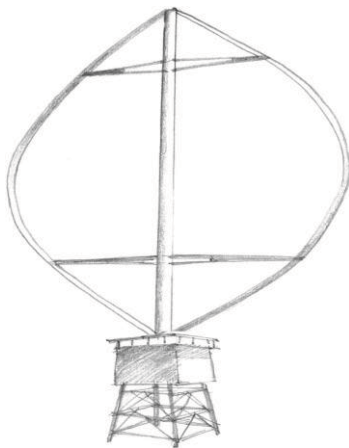
Gambar 1. Prinsip kerja type Savonius – VAWT

- b. Tipe Darrieus VAWT ditemukan oleh seorang insinyur Perancis George Jean Marie Darrieus yang dipatenkan pada tahun 1931. Ia memiliki 2 bentuk turbin yang digunakan diantaranya adalah “Eggbeater/ Curved Bladed” dan “Straight-bladed” VAWT. Sketsa dari kedua variasi konsep Darrieus ditunjukkan dalam gambar 3, 4 dan 5. Kincir angin Darrieus VAWT mempunyai bilah sudu yang disusun dalam posisi simetri dengan sudu bilah yang diatur relatif terhadap poros. Pengaturan ini cukup efektif untuk menangkap berbagai arah angin. Berbeda dengan Savonius, kincir angin Darrieus bergerak dengan memanfaatkan gaya angkat yang terjadi ketika angin bertiup. Bilah sudu turbin Darrieus bergerak berputar mengelilingi sumbu. (Darrieus GJM. Turbine Having Its Rotating Shaft Transverse To The Flow Of The Current : 1931)

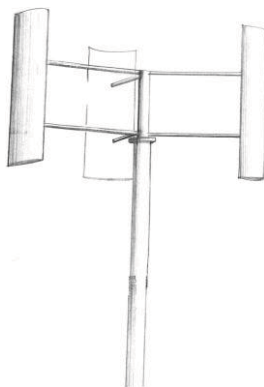


(a) (b)

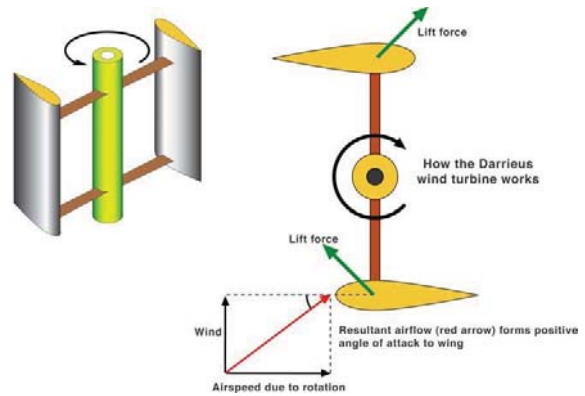
Gambar 2. Contoh type-type turbin kategori Savonius (a) Type tiga-stack Savonius VAWT (b) Helix S322 VAWT



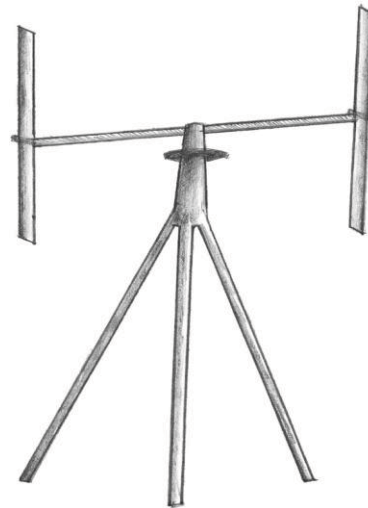
Gambar 3. Eggbeater/Curved Bladed Darrieus VAWT.



Gambar 4. Straight-Bladed Darrieus VAWT



Gambar 5. Prinsip kerja type Darrieus VAWT



Gambar 6. H-Rotor - VAWT

- c. Type H-rotor ditunjukkan pada gambar 6, dikembangkan di Inggris melalui penelitian yang dilakukan selama 1970-1980an, diuraikan bahwa mekanisme yang digunakan pada pisau berbilah lurus (Straight-bladed) Darrieus VAWT tidak diperlukan, ternyata ditemukan bahwa efek hambatan yang diciptakan oleh sebuah pisau akan membatasi kecepatan aliran angin. Oleh karena itu, H-rotor akan mengatur semua kecepatan angin untuk mencapai kecepatan putaran optimalnya.

Dibawah ini adalah beberapa contoh turbin type Darrieus VAWT yang telah digunakan:



Gambar 7. A Darrieus VAWT on the Magdalen Islands



Gambar 8. Windspire VAWTs



Gambar 9. Venco Twister ; Vertikon-H50 & helical twisted VAWT 's

1.2. Teori dan model matematik

Tenaga mekanik ialah tenaga yang terkait dengan gerak sesuatu benda, yaitu tenaga yang dimiliki oleh suatu jasad/benda yang disebabkan oleh pergerakannya disebut tenaga kinetik. Tenaga ini sesuai dengan kerja yang diperlukan untuk menghentikan jasad yang sedang bergerak. Jasad bermassa m yang bergerak dengan kecepatan v mempunyai tenaga :

$$E_k = \frac{1}{2} m.v^2 \quad \dots (1)$$

Angin adalah fluida yang bergerak sehingga mempunyai energi kinetik sebagai energi potensial. Energi potensial angin yang bergerak dengan kecepatan V , dan dinyatakan sebagai desitas energi adalah (Allaire, et al, 1982) sebagai berikut:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \dots (2)$$

Dimana P = energi angin; A = luas normal kecepatan angin; ρ = densitas udara (sekitar $0.07654 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$ atau 1.23 kg/m^3), V = kecepatan angin.

Model matematika berdasarkan analisa kelompok bilangan tak berdimensi untuk mencari rotasi rotor (rpm), pada type kincir angin reka bentuk adalah mengikuti persamaan dibawah ini:

$$\left(\frac{\omega}{V}\right) = B \cdot \left(\frac{m.r^2.V^2}{g.\rho}\right)^a \cdot \left(\frac{g.r.}{V^2}\right)^b \cdot \left(\frac{A}{r^2}\right)^c \cdot \left(\frac{A_s}{A}\right)^d \quad \dots (3)$$

$$\omega = B.V \cdot \left(\frac{m.r^2.V^2}{g.\rho}\right)^a \cdot \left(\frac{g.r.}{V^2}\right)^b \cdot \left(\frac{A}{r^2}\right)^c \cdot \left(\frac{A_s}{A}\right)^d \quad \dots (4)$$

Persamaan diatas menunjukkan rotasi rotor (ω) adalah tergantung dari massa bilah (m), jari-jari girasi (r), kecepatan angin (V), densitas angin (ρ), luas bilah (A) dan luas sirip (A_s). Apabila rotasi rotor diketahui maka dapat dihitung energi tang terdapat pada rotor yang berotasi yaitu :

$$E_R = \frac{1}{2} .n.m.(\omega.r)^2 = \frac{1}{2} \omega^2 .n.m.r^2 \quad \dots (5)$$

Energi rotor terdiri dari dua faktor yang berbeda yaitu ($n.m.r^2$) merupakan sifat benda yang berotasi, tergantung dari massa benda (m) dan jumlah benda (bilah) yang tersebar pada sekitar sumbu rotor (n) dan jari-jari girasi (r), yang disebut sebagai moment Inersia (I) atau momen kedua. Sedangkan ($1/2.\omega^2$) dapat berubah-ubah sesuai dengan kecepatan rotasi.

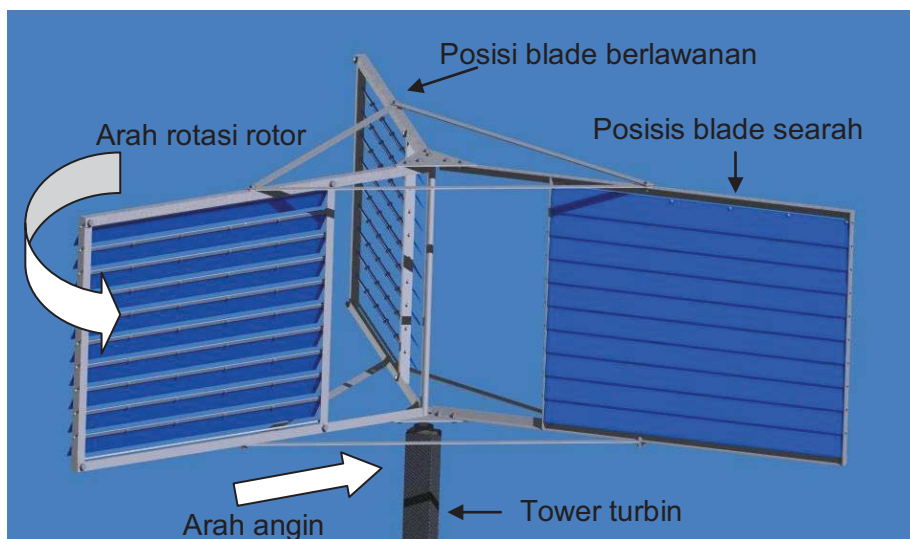
$$I = n.m.r^2 \rightarrow E_R = \frac{1}{2} .I.\omega^2 \quad \dots (6)$$

II. Metodologi

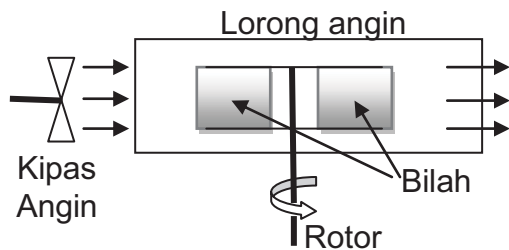
Rancangan kincir angin VAWT model baru, sirip-sirip bilah dibuat dari bahan polycarbonat, dengan kerangka besi atau aluminium. Bilah dibuat 3 karena lebih seimbang terhadap rotor. Sirip ini dibuat sedemikian rupa sehingga apabila bilah berada di posisi berlawanan arah angin dengan putaran rotor, sirip sirip akan terbuka oleh dorongan angin itu sendiri sehingga tidak menghambat putaran kincir, sebaliknya bila bilah berada pada posisi searah dengan angin dan putaran rotor, sirip-sirip akan menutup dan menerima daya dorong angin untuk memutar rotor. Sehingga luas bilah (sudu) tidak akan berpengaruh terhadap daya penghambat, oleh itu luas bilah dapat dibuat lebar agar kolektor angin lebih besar. Perancangan type ini akan meningkatkan efisiensi dan kincir mudah berputar atau menurunkan kecepatan angin minimum untuk

memutar rotor. Kincir angin ini mula-mula dibuat dengan skala laboratorium, untuk pengamatan lebih lanjut. Gambar 7 menunjukkan kejelasan rancangan kincir angin ini.

Metoda kajian yang akan dilakukan yaitu: Kincir dibuat dengan skala laboratorium. Kincir dimasukan ke dalam kolom angin buatan dengan ukuran yang disesuaikan, untuk mempermudah variasi kecepatan angin. Data-data yang diambil adalah rotasi rotor (rpm) dan kecepatan angin. Variabel-variabel yang mungkin dilakukan adalah luas bilah, perbandingan luas sirip dan luas bilah (jumlah sirip/bilah), jari-jari girasi dan kecepatan angin. Gambar 8 menunjukkan skema rangkaian alat penelitian. Data-data yang diperoleh dibandingkan dengan data hasil perhitungan persamaan model matematik untuk mendapatkan konstanta-konstanta yang sesuai.



Gambar 10. Kincir Angin Bilah Bersirip



Gambar 11: skema alat penelitian

Turbine's tower

III. Pembahasan

Energi angin yang diterima tergantung dari luas kolektor angin atau bilah dari kincir, pada model-model VAWT sebelumnya dikatakan efisiensi rendah karena perbandingan daya dorong dan penghambat relatif kecil, type pada rancangan ini membuat perbandingan daya dorong jauh besar dari daya hambat sehingga efisiensi menjadi naik, dan pada

luas kolektor angin yang sama bentuk kincir ini relatif lebih kecil. Kincir ini lebih mudah berputar atau kecepatan angin minimum untuk memutar turbin mudah dapat diturunkan dibanding type yang sudah ada, sehingga turbin ini dapat diterapkan di semua lokasi yang memiliki kecepatan dan arah angin yang berberubah-ubah.

Merujuk dari model matematika yang kami susun, power atau rotasi rotor dipengaruhi oleh berat bilah kincir, luas bilah, perbandingan luas sirip dan luas bilah (jumlah sirip/bilah) serta jari-jari girasi (jarak bilah ke sumbu rotor) serta kecepatan angin. Pengaruh yang dominan pada type rancangan ini akan dilihat pada perbandingan pangkat daripada kelompok bilangan-bilangan takberdimensi pada model ini, yang diperoleh dari perbandingan data eksperimen dan data terhitung. Kelengkapan konstanta-konstanta pada persamaan matematik tersebut akan mempermudah perancangan atau scale up dari turbin untuk kapasitas yang lebih besar.

Turbin angin rancangan ini dapat diaplikasikan di lokasi manapun yang mempunyai kecepatan dan arah angin yang berfluktuasi, sehingga dapat membantu program pemerintah untuk pemerataan listrik dan membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Teknologi ini adalah teknologi bersih, yang memanfaatkan sumber tenaga alami dan berwawasan lingkungan.

IV. Summary

1. Turbin angin aksis vertikal rancangan ini lebih efisien dan lebih mudah berputar dibanding dengan type-type yang sudah ada sehingga dapat diterapkan di semua lokasi yang memiliki kecepatan dan arah angin yang berubah-ubah. Rancangan ini mudah dibuat dengan bahan-bahan yang mudah didapatkan dan relatif murah sehingga dapat terjangkau oleh masyarakat menengah kebawah yang umumnya belum menikmati jaringan listrik.
2. Rencana yang akan dilakukan adalah membuat model kincir dan mengkajinya pada lorong angin. Perbandingan data hasil perhitungan persamaan model matematik dan data-data eksperimen untuk mendapatkan konstanta-konstanta yang sesuai, akan mempermudah scale

up untuk membuat turbin dengan kapasitas yang lebih besar.

3. Teknologi ini adalah teknologi bersih yang berwawasan lingkungan dan memanfaatkan sumber tenaga alami yang gratis.
4. Manfaat dari rancangan ini adalah untuk pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, membantu program pemerintah untuk pemerataan listrik dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

V. Pustaka

- Ackermann, T. 2005, *Wind Power in Power Systems*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Allaire, W.F, Kennedy, W.J. Jr., Spielvogel, L.G, Witte, L.C., 1982, *Energy Management Hand Book*, ed. Wayne C. Tunner, John Wiley & Sons, Canada.
- Eriksson, S., Bernhoff, H. & Leijon, M. 2008, Evaluation of different turbine concepts for wind power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 1419-1434
- Gasch, R. & Tvele, J. 2002, *Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*. James and James, London and Solarpraxis, Berlin.
- Ibrahim Al-Bahadly, 2009, Building a wind turbine for rural home, *Energy for Sustainable Development*, 13: 159–165
- Islam, M., Ting, D. S. K. & Fartaj, A. 2008, Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 1087-1109.
- Joselin Herbert, G.M., Iniyar, S., Sreevalsan E., Rajapandian, S., 2007, A review of wind energy technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11: 1117–1145
- Wikipedia contributor. 2009a, 2009b. Savonius wind turbine. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* http://en.wikipedia.org/wiki/Darrieus_wind_turbine; http://en.wikipedia.org/wiki/Savonius_wind_turbine ; www.helixwind.com ; www.mariapower.com; www.vencopower.com [02nd December 2009]